

化工仪表自动化在安全生产监测中的应用与改进

郑斌¹, 丛晓东²

1. 福斯特安吉新材料有限公司, 浙江 杭州 310000

2. 浙江石油化工有限公司, 浙江 舟山 316000

DOI:10.61369/ERA.2025060010

摘 要 : 化工仪表自动化技术在安全生产监测中的应用日益广泛, 成为确保化工生产过程安全、稳定运行的核心技术。本文探讨了自动化仪表的分类、系统构成及工作原理, 分析了化工仪表自动化技术在实时参数监测、故障诊断与预警、自动化控制与安全联锁等方面的应用。文章还探讨了该技术在实际应用中存在的仪表技术局限性、系统集成与信息化问题以及操作人员短缺等挑战, 并提出了引入智能传感器与自校准技术、基于物联网的智能集成平台、虚拟现实与增强现实技术的培训与远程支持等创新改进措施, 以提升化工行业的安全生产水平。

关 键 词 : 化工仪表自动化; 安全生产监测; 实时参数监测

The Application and Improvement of Chemical Instrument Automation in Safety Production Monitoring

Zheng Bin¹, Cong Xiaodong²

1.Foster Anji New Materials Co., Ltd. Hangzhou, Zhejiang 310000

2.Zhejiang Petrochemical Co., Ltd. Zhoushan, Zhejiang 316000

Abstract : The application of chemical instrumentation automation technology in safety production monitoring is increasingly widespread, becoming a core technology to ensure the safe and stable operation of the chemical production process. This paper discusses the classification, system composition, and working principle of automated instruments, and analyzes the application of chemical instrumentation automation technology in real-time parameter monitoring, fault diagnosis and early warning, automated control, and safety interlock. The article also explores the challenges existing in the practical application of this technology, such as the technical limitations of instruments, system integration and informatization issues, and the shortage of operators, and proposes innovative improvement measures such as the introduction of intelligent sensors and self-calibration technology, intelligent integrated platforms based on the Internet of Things, and virtual reality and augmented reality technology for training and remote support, to enhance the safety production level of the chemical industry.

Keywords : chemical instrumentation automation; safety production monitoring; real-time parameter monitoring

随着技术的不断进步, 化工仪表自动化在安全生产监测中的应用日益广泛, 尤其在化工生产过程中, 自动化仪表能够实时监测设备运行状态、化学反应过程以及危险源的变化, 从而有效防范安全隐患, 降低事故发生风险。随着化工产品生产规模的扩大和过程复杂性的不断增加, 传统的人工监控手段已经不能满足生产过程中的高效、安全和精确的监控要求, 因此引入自动化系统显得非常重要。智能仪表的引入, 可以实现数据的精确采集和处理, 实时准确的预警信息, 实现全过程的安全监测。此外, 该自动仪表具有自诊断功能, 能及时发现设备故障, 及时调整、报警, 使设备运行更加可靠。对化工仪表自动化系统进行研究和改进, 既能提高生产效率, 又能对企业安全管理系统进行优化, 降低因人为因素造成的安全事故, 有很大的实用价值。

一、化工仪表自动化技术概述

(一) 自动化仪表的分类

自动仪表在化学工业中得到了广泛的应用, 其作用是对化工生产中各种物理化学参数进行监控与控制。根据功能和工作原理

的不同, 自动化仪表可分为测量仪表、控制仪表和调节仪表三大类^[1]。测量仪表主要用来对温度、压力、流量、液位等过程参数进行实时采集, 并将这些信息转化成电信号进行处理。控制仪表根据测量仪表的反馈信息, 对生产过程进行自动调整, 以确保生产过程稳定可靠。调节仪表根据控制仪表的指示, 调整生产过程中

的控制装置,保证工艺参数保持在规定的范围内。

（二）化工仪表自动化系统的构成与工作原理

化工仪表自动化系统通常由传感器、信号传输装置、控制系统、执行机构等组成。传感器是整个系统的前端,其主要功能是采集化工生产过程中的各种物理化学参数,并将其转化为标准的电信号,并将其传输到控制系统中。信号传送单元负责将传感器输出的讯号经由传输线传送至控制系统,以保证讯号之准确及稳定。在化工仪表自动化系统中,控制系统一般由计算机或专用控制器组成,对采集到的信号进行处理、判断,并给出相应的控制命令。执行器根据控制系统的指示,对阀门、水泵、加热器等相关控制装置进行调整,以保持或改变生产过程中的变量^[9]。利用闭环控制原理,实现了化工生产过程的动态调整。将实时采集到的工艺信号与设定值相比较,生成误差信号,再由控制系统的调整算法对执行器进行自动调节,从而实现控制目标。

（三）化工仪表自动化技术的特点与优势

化工仪表自动化技术具有多个显著特点。自动控制技术提高了化工生产的精度与稳定性,降低了人为干扰,保证了生产过程在设定的区间内稳定运行;该技术可有效提高生产效率,降低对人工作业的依赖程度,优化生产计划,减少能耗,减少资源浪费。同时,该系统还具备故障诊断与报警功能,能够迅速发现和解决设备故障,保证生产安全。另外,化工仪表自动化系统还可以实现海量数据的采集和处理,为企业提供实时生产数据及历史数据分析,辅助工艺优化及决策支持。同时,该自动化系统还可以实现对生产过程的全面控制和管理,提高了整个资源的利用率,促进了企业的智能化发展。化工仪表自动控制技术在工业生产中的广泛应用,不仅提高了生产过程的安全稳定,而且在节能减排和提高产品质量上显示出其独特的优势。

二、化工仪表自动化在安全生产监测中的应用

（一）实时参数监测

化工生产涉及到多个复杂的工艺过程,工艺参数的变化直接影响生产安全与产品质量。通过安装各种自动化仪表,如温度传感器、压力变送器、流量计、液位计等,可以24小时不间断地监测生产过程中的温度、压力、流量、液位、浓度等重要参数^[9]。这些仪表将实时采集到的数据传送到中央控制系统,经过处理、分析,得到实时的生产状况信息。该系统能够对生产过程进行高频实时数据采集与反馈,使操作人员能够及时掌握生产过程变化情况,及时发现异常发展趋势,避免因监控滞后带来的安全隐患。如当压力、温度等超出安全范围时,可立即报警,提醒操作者采取相应的措施,避免设备的损坏和生产事故的发生。这种实时监控能力极大地提高了生产过程的安全性,使工艺控制更准确和及时。

（二）故障诊断与预警

化工仪表自动化技术在故障诊断与预警中起到了至关重要的作用。通过对设备运行状态的全面监控,可以及时发现设备潜在的故障,并给出预警信号。各种传感器可以不断地采集设备运行数据,并与标准运行参数进行比较,一旦出现异常变化,就会触发预警机制。例如,当温度传感器发现冷却系统出现异常升温时,就有可能是冷却装置发生了故障,然后根据数据分析,自动

诊断出故障类型,从而实现对设备失效时间的预测。控制系统根据检测到的信息,产生故障报告,提醒操作人员进行维修或更换零件。此外,该系统还具备对设备老化、磨损和腐蚀等隐患进行早期识别的功能,从而避免突发故障^[4]。由于设备故障,可以及早发现、排除隐患,降低人因疏忽而造成的事故发生率。同时,结合数据分析,提出优化建议,帮助企业制定更加科学的维修策略,达到预防维修的目的,提高设备的可靠性和使用寿命

（三）自动化控制与安全联锁

化工仪表自动化系统还能实现生产过程的自动控制和他安全联锁,保证了生产过程的安全稳定运行。该自动控制系统利用实时数据反馈和决策算法,实现了对生产过程参数的准确调整。例如,在化工反应过程中,对温度、压力的控制是非常重要的,自动控制系统利用传感器对数据进行实时采集,并将其与设定值相比较,按照设定的控制算法,对加热、冷却或排气装置进行自动调节,使反应过程处于稳定状态^[5]。联锁系统把生产过程中的各种设备和仪表按照一定的逻辑关系连接起来,这样当发生一些异常时,系统可以自动启动安全保护措施,防止设备或人员受到伤害。如当储液罐内气体压力超出安全临界值时,自动关闭进料阀,打开减压阀,并向工作人员发出警报,避免因压力过大而引发爆炸、泄漏等事故。这种自动控制与安全联锁功能,既能保证生产安全,又能提高生产运行的灵活性与稳定性。通过对控制策略及联锁机制的持续优化,可以有效地应对各种突发情况,降低因人误操作和设备故障造成的安全事故。

三、化工仪表自动化在安全生产监测中存在的问题

（一）仪表的技术局限性

在化工仪表自动化系统监控过程中,由于仪表技术上的限制,往往会影响到它的性能及使用效果。很多化工过程都涉及到复杂的物理化学变化,一些传统的测量仪表已经很难满足其高精度和高稳定性的需要。在高温、高压、强腐蚀等特殊环境下,现有传感器及测量仪表难以以长时间稳定运行,造成数据获取不准确甚至失效。这些技术上的限制,将直接影响其测量精度与稳定性,进而影响自动化系统的安全监控效果。此外,在快速变化的生产环境下,某些仪表的响应速度与精度可能无法满足实时监测的需求。一些化学成分检测、微量元素测定需要依赖高精度设备,但这些设备成本高、维护难度大,难以在中小型化工企业推广应用。

（二）系统集成与信息化问题

在实际应用中,许多化工企业的自动化仪表系统与企业的信息化系统之间存在较大隔阂,导致数据无法有效共享与整合。虽然很多自动化系统都可以对某一种设备或者某一条生产线进行监测,但是这些系统之间并没有很好地融合在一起,使得数据处理能力受到限制,难以实现对安全生产的全面监测和管理。在系统集成过程中,经常会出现软硬件不兼容和控制系统不兼容的问题。由于不同厂家生产的仪器与控制系统在通讯协议、数据格式等方面存在差异,导致设备间不能进行有效的联动与数据交互,影响了整个自动化监测系统的整体性能。另外,一些化工企业还没有建立起完善的信息平台,造成了企业信息化水平低下,无法对大量收集到的数据进行及时的处理与分析。孤立的数据使信息

得不到有效利用，影响预警和决策的准确性和时效性，从而影响到企业的安全生产管理。

（三）操作人员与技术人才短缺

化工仪表自动化技术在工业生产中的广泛应用，对操作人员及技术人员提出了更高的要求。然而，目前很多化工企业仍然面临着操作人员短缺、熟练工人短缺的问题。随着自动化程度的提高，新的控制算法与监控手段不断涌现，但很多企业操作人员对这些新技术仍有很大难度，特别是对复杂精密仪器的操作，操作人员的技能与经验还有待提高。另外，对于自动化系统的维护与故障排除，更多的是依靠专业技术人员的专业知识与经验。但是，在产业快速发展的同时，专业人才的数量与质量却未能同步提高。部分企业由于技术支持不足，当仪器发生故障或者系统发生异常时，很难做出快速的反应，及时解决故障。这不仅增加了生产停摆的风险，而且还会引发安全事故。由于缺乏专业技术人才，特别是在突发事件发生时，由于缺乏专业知识及应急能力，很难及时发现并解决安全隐患。

四、化工仪表自动化在安全生产监测中的改进措施

（一）引入智能传感器与自校准技术

为提升测量精度与可靠性，引入智能传感器和自校准技术已成为改进措施的核心。智能传感器不仅具有高灵敏度，而且可以通过集成的智能算法实时处理数据，并进行误差校正。该传感器能自适应过程变化，降低人为因素对测量结果的影响，增强系统对动态变化的响应能力。自标定技术利用内置的标定模块，实现了传感器在运行过程中的周期性自动检测，并对其偏差进行调节，保证了长时间运行的准确性。例如，温度、压力传感器经常会受到环境温度、机械振动等因素的影响，从而造成测量结果的漂移。自标定功能可在设备运行期间对传感器误差进行周期性修正，保持测量精度稳定，降低人为干预要求，减少人为误差。基于自标定技术的智能传感器在复杂化学反应及苛刻环境下的生产监测中具有更高的精度与稳定性，对提高生产安全水平具有重要意义。

（二）基于物联网（IoT）的智能集成平台

物联网技术可以将化工生产过程中的各种传感器、仪器和控制设备通过无线网络连接起来，构成一个完备的智能监测网络。该平台不仅可以实现实时数据的采集，而且可以利用云计算、大数据分析等手段对生产计划进行优化，提高决策支持能力。该智能集成平台以标准化的通讯协议与格式为基础，实现不同设备间的无缝对接与信息共享。例如，在化工生产中，各种反应器、储

罐、管线等设备上都安装了智能传感器，这些传感器可以将采集到的压力、流量、温度、液位等重要数据上传到物联网平台，从而实现实时监测，并对潜在的安全隐患进行预警。另外，物联网平台还可以与企业的 ERP、MES 等信息平台进行整合，实现跨系统的数据连接，提高生产线的安全和自动化水平。利用物联网技术，化工企业能够对生产过程的各个环节进行精准监控，及时发现设备故障或运行异常，从而提高整个生产过程的安全与效率。同时，通过物联网技术，管理者可以对生产数据进行远程监控，并对设备操作进行监控，提高了监控的便利性和响应性。

（三）虚拟现实（VR）与增强现实（AR）技术的培训与远程支持

虚拟现实（VR）和增强现实（AR）技术可以为操作者提供一种全新的训练与支撑模式，提升操作者实战能力，特别是应急处置能力。虚拟现实技术可以模拟化工生产环境与设备运行状况，给操作者提供沉浸式训练体验，让操作者可以在仿真环境中进行设备操作、故障排除以及安全应急处理。这样，操作人员就可以在没有风险的虚拟环境中，事先熟悉设备的工作程序及应急预案，提高实际操作的熟练程度，并对紧急情况作出反应。虚拟现实技术可以将虚拟信息和真实环境相结合，并实时呈现给操作者，大大提高了操作者对生产过程的控制能力。当设备发生故障时，AR 眼镜能实时显示设备的运行状况，并对故障进行分析，并给出相应的解决方案。利用 AR 技术，工程师可实时查看设备运行参数及维修历史，远程专家可利用视频对现场人员进行指导，缩短故障排除周期，提高维护效率。这一举措，不仅提高了现场作业人员的业务素质，而且有效地减少了因设备故障而带来的安全隐患。同时，将虚拟现实技术和 AR 技术相结合，不仅可以提高员工的技能训练效果，而且可以降低操作失误带来的安全风险。

五、结语

化工仪表自动化技术在安全生产监测中的应用具有重要意义，不仅可以提高生产过程的实时监测能力，而且可以增强故障预警与自动控制系统的响应能力。将智能传感、物联网、虚拟现实等技术相结合，可有效提高生产安全，降低事故发生率。然而，现有技术仍然面临着仪器性能局限性、系统集成困难、人才匮乏等问题，亟须进一步优化和创新。随着人工智能、大数据分析、5G 等技术的快速发展，化工仪器自动化系统将进一步向智能化、集成化方向发展，实现更加精准的风险预测，优化生产流程，保障安全生产。

参考文献

- [1] 金武鑫. 化工仪表在安全生产中的作用与影响研究 [J]. 仪表仪表用户, 2024, 31(09): 62-63+66.
- [2] 姜蓉蓉. 仪表及自动化在化工生产中的应用 [J]. 内蒙古石油化工, 2024, 50(08): 24-27.
- [3] 权刚, 张瑞. 现代化化工仪表及化工自动化过程控制分析 [J]. 数字通信世界, 2023, (03): 91-93.
- [4] 付宏刚. 化工仪表中智能自动化的应用 [J]. 科学技术创新, 2019, (14): 155-156.
- [5] 范有刚. 化工仪表中的自动化控制技术分析 [J]. 天津化工, 2018, 32(02): 58-59.